

Таким чином, автомобільний транспорт на сьогодні є основним забруднювачем атмосферного повітря оксидами сірки. З метою зниження негативного впливу відпрацьованих газів на НПС необхідно посилювати контроль за якістю автомобільного палива, яке реалізується в роздрібній мережі.

Проведені дослідження дозволяють підібрати види рослин, стійких до забруднення повітряного басейну викидами техногенного характеру для даного регіону, що може бути використане в перспективних планах озеленення вулиць, парків, скверів, бульварів і набережних. Місцеві рослини-індикатори можуть бути використані для ефективного контролю забруднення повітряного басейну викидами техногенного характеру від об'єктів автотранспортного комплексу.

1. Вплив автотранспорту на екологічну ситуацію АРК. – Сімферополь: Держкомстат України, 2007. – 12 с.

2. Муровський С.П. Особливості забруднення атмосфери викидами автотранспорту в умовах гірського рельєфу // Будівництво і техногенна безпека. – 2005. – №11. – С.149-156.

3. Химия нефти и газа / А.И.Богомолов, А.А.Гайле, В.В.Громова и др.; Под ред. А.И.Богомолова. – 2-е изд. – Л.: Химия, 1989. – 424 с.

4. Materna J. Beziehungen zwischen der SO₂ Konzentration und der Reaktion der Fichterberestände // Aquilo, ser. bot. 19. Onlu Finlaud, 1983.

5. Щербатюк Л.К. Визначення рівня забруднення атмосфери діоксидом сірки з метою прогнозу ушкоджень лісових екосистем // Бюл. ДНБС УААН. Вип.62. – Ялта, 1987. – С.14-18.

6. Ільницький О.А., Бойко М.Ф., Федорчук М.І. та ін. Основи фітомоніторингу. – Херсон, 2007. – 345 с.

Отримано 19.01.2009

УДК 828.35

Л.І.РУЖИНСЬКА, канд. техн. наук, І.Г.БАРАНОВА

Національний технічний університет України «КПІ», м.Київ

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД В АНАЕРОБНИХ ФІЛЬТРАХ

Аналізуються основні конструкції анаеробних біофільтрів. Наведено найважливіші характеристики біофільтрів з низхідними та висхідними потоками, а також оглядовий аналіз конструкцій і матеріалів завантажень для біофільтрів.

Великі обсяги стічних вод потребують застосування інтенсивних технологій очищення. Одним із методів обробки стоків є анаеробне зброджування, яке дозволяє переробляти як високо-, так і низькоконцентровані стоки. В процесі анаеробного очищення беруть участь специфічні мікробні асоціації, представлені мікроорганізмами-гідролітиками, ацетогенами та метаногенами. Продуктами життєдіяльності асо-

ціацій є, зокрема, вуглекислий газ та метан – біогаз, придатний для використання в когенераційних системах. Ступінь деградації забруднень та об'єм біогазу залежать від складу субстрату, умов протікання процесу. Слід зазначити, що метаногени виявляють значну чутливість до змін робочих параметрів, таких як зміна температури або швидкості подачі субстрату, реагуючи на них скороченням виділення біогазу та зменшенням ступеня розкладу забруднень, що призводить до інгібування інших біохімічних процесів надлишком неперероблених речовин. Разом з тим, анаеробні методи очищення стічних вод відрізняються відсутністю витрат на аерацію та низькою енергоємністю, що дозволяється отриманням цінного енергоносія та малою кількістю надлишкового мулу. Сучасні розробки в області інтенсифікації анаеробних процесів фокусуються на стабілізації метаногенезу та зменшенні габаритів установки. Перспективним напрямом є дослідження анаеробних фільтрів, що відрізняються компактністю, підвищеною стійкістю проти негативних впливів та високою ефективністю.

Технологія анаеробного фільтрування досліджується у багатьох країнах світу, одними з перших, у 1969 р., результати своїх досліджень представили вчені Дж. С.Янг і П.Л.Маккарті [1], вагомим був також внесок російських вчених, зокрема, С.В.Калюжного [2]. Фундаментальні дослідження анаеробних процесів очищення здійснені групою болгарських науковців під керівництвом проф. І.Сімеонова [3], дослідниками інших європейських країн. Велика увага до анаеробного очищення приділяється також у країнах з теплим кліматом, де енерговитрати на ведення процесу малі. Відомі роботи китайських, бразильських, чилійських дослідників.

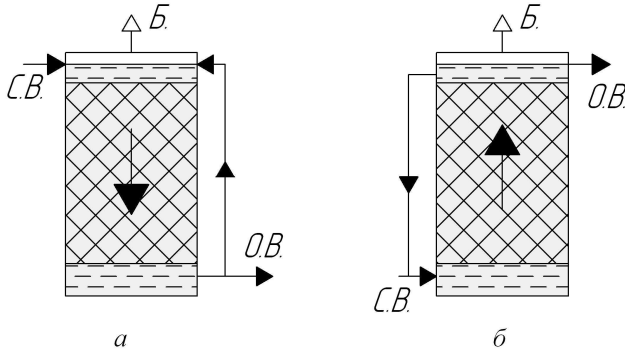
Класифікація анаеробних фільтрів. Сутністю анаеробного фільтра та головною відмінністю його від інших анаеробних біореакторів є наявність завантаження з інертного носія, розміщеного у біореакторі без можливості виносу його потоком рідини, що протікає. На носіїві утворюється біоплівка, з якою контактує субстрат.

Анаеробні біофільтри класифікують за напрямом потоку субстрату, конструкцією завантаження та матеріалом носія.

Організація руху рідини в анаеробному фільтрі визначає не тільки конструктивне оформлення установки, а і кількість та активність біомаси, якість та швидкість обробки, обсяги біогазу, що виділяється. Найчастіше застосовують анаеробні фільтри з низхідним і висхідним потоками (рисунк).

Анаеробні фільтри з низхідним потоком DSFF (Downflow Stationary Fixed Film reactor) показано на рисунку, а. Стічні води подаються в верхню частину реактора і, протікаючи крізь шар завантаження, вида-

ляються знизу. До переваг даної конструкції можна віднести простоту, оскільки правильно розташований реактор не потребуватиме застосування насосного обладнання. Перемішуванню біомаси в реакторі сприятимуть два зустрічні потоки: потік стічної води згори донизу і бульбашки біогазу, що піднімаються вгору.



Анаеробні фільтри:

a – з низхідним потоком; *б* – з висхідним потоком;
С.В. – стічна вода; О.В. – оброблена вода; Б. – біогаз.

Характерною рисою таких фільтрів є присутність біомаси, переважно, у формі біоплівки, тому важливим аспектом проектування анаеробних фільтрів із низхідним потоком є вибір носія з потрібними поверхневими якостями. Найчастіше застосовують м'які матеріали з високою внутрішньою пористістю не менше 200 м² на 1 м³ об'єму завантаження [4]. Слід зазначити, що вихід біогазу та його якість можуть бути дещо нижчими порівняно з іншими анаеробними біореакторами, оскільки виведення газу ускладнюється формою завантаження і зустрічним потоком рідини, а час перебування газу виявляється дещо тривалішим.

Анаеробні фільтри з висхідним потоком AF (Anaerobic Filter). Принципову схему анаеробного фільтра з висхідним потоком зображено на рисунку, *б*. Стічна вода поступає в нижню частину реактора і піднімається вгору, біогаз виводиться з верхньої частини реактора. Фільтри такої конструкції відрізняються повнотою використання поверхні носія. Крім того, біомаса присутня не тільки у вигляді біоплівки, а й у флокулах і гранулах [2]. Циркуляція рідини за рахунок висхідних потоків забезпечує рівномірність розподілу біомаси і не допускає виникнення застійних зон, або областей з підвищеним вмістом

кислот. Потік також перешкоджає заростанню дна анаеробного фільтра та його засміченню [5]. Якщо для фільтрів з низхідним потоком характерне застосування переважно засипних завантажень, то для висхідних потоків більш прийнятними є площинні завантаження з дещо меншою питомою поверхнею (від 100 м³/м²). Така форма завантаження, до того ж, сприятиме більш повному виведенню біогазу з об'єму анаеробного фільтра.

*Порівняльна характеристика анаеробних фільтрів
з низхідним і висхідним потоками*

Вибір найбільш прийнятної конструкції анаеробного фільтра здійснюється залежно від характеристик та обсягів стічної води, кліматичних і економічних умов. У таблиці наведено основні характеристики AF- і DSFF-анаеробних фільтрів.

Основні характеристики анаеробних біофільтрів

	Концентрація кг ХСК / м³ стоку	Продуктивність за ХСК / м³ за добу	Мінімальний час обробки, год.	Видалення ХСК, %	Джерело інформації
DSFF	-	20	79	-	[6]
	-	15	6,5	-	
	45-50	7,4	-	90	
	16,7	3,7	-	80	[7]
	14,2	3,5	6	85	
	10	3-4	-	85	
	5	5	-	70	[2]
	1-2	10-12	24	-	
AF	0,3	10-15	8-12	-	[2]
	-	9,4	142	-	[6]
	-	6,3	46	-	
	-	2,9	24	-	
	4,5	10,8	10	80	[8]
	8	8	25	80-93	
	40	8	96	82	

Порівняння основних показників анаеробних фільтрів з низхідним і висхідним потоками свідчить про їх досить високу ефективність та універсальність. Проте, судячи з дослідних даних, анаеробні фільтри з низхідним потоком показують кращі результати при переробці більш концентрованих стоків, хоча і потребують більшого часу. Анаеробні фільтри з висхідним потоком ефективно та інтенсивно працюють при більш низьких концентраціях забруднень. Продуктивність анаеробних фільтрів з висхідним потоком, у загальному випадку, виявляється дещо вищою, проте, для анаеробних фільтрів з низхідним потоком можна виділити інтервал оптимальної продуктивності.

Конструктивні особливості завантажень визначаються особливостями процесу та життєдіяльності іммобілізованих мікроорганізмів. Завантаження має бути простим, довговічним та міцним, мати високу пористість і не перешкоджати тепло- та масообмінним процесам [9]. Крім того, завантаження має бути розміщене таким чином, щоб субстрат максимально контактував з біоплівкою, не вимиваючи при цьому носій з біореактора.

Завантаження залежно від типу носія розподіляють на засипні та каркасні. Засипні матеріали поміщають в робочу зону анаеробного біофільтра та певним чином фіксують, наприклад, за допомогою сіток або решіток зверху та знизу. Каркасні завантаження являють собою об'єднані у блоки носії, що встановлюються всередині анаеробного біофільтра.

Засипні матеріали можуть бути природного або штучного походження. Найчастіше застосовують такі природні матеріали, як глина, щебінь, пісок, активоване вугілля, пемза. Ці матеріали недорогі й доступні, але не завжди забезпечують розвинену внутрішню поверхню. Штучні засипні носії являють собою полімерні просторові тіла різноманітного розміру і форми – кілець, порожнистих сферичних елементів та ін.

Каркасні завантаження можуть складатися з полімерних листів, гладких або гофрованих, шнурів, труб або рулонів, що з'єднані у об'ємні блоки. Важливою перевагою каркасних завантажень є міцність і неможливість виносу частин завантаження з потоком рідини. Можна також використовувати природні волокнисті матеріали.

Завантаження штучного походження, безумовно, більш ефективні, оскільки є можливість створення носіїв необхідної форми та пористості, проте дослідження показують, що ріст біомаси відбувається швидше на носіях природного походження.

Подальший розвиток описаної технології полягає у вдосконаленні існуючих методів анаеробного фільтрування та узагальненні численних знань щодо конструктивного оформлення, використання носіїв і завантажень анаеробних фільтрів, а також у створенні нових конструкцій апаратів і застосуванні більш економічних та екологічних матеріалів.

1. Young J.C., McCarthy, P. L. The Anaerobic Filter for Waste Treatment // JWPCF. – 1969. – Vol. 41 (5). – P. R160-R173.
2. Каложный С.В. Высокоинтенсивные анаэробные технологии очистки промышленных сточных вод // Катализ в промышленности. – 2004. – №6. – С.42-50.
3. Simeonov I., Galabova D., Queinnec I. Investigations and mathematical modelling of the anaerobic digestion of organic wastes with addition of electron acceptors: 9th Word Con-

gress ["Anaerobic Digestion 2001"], (Antwerpen (Holland), 2-5 Sept. 2000). – Antwerpen, 2000. – P.381-383.

4. Колесников В.П., Вильсон Е.В. Современное развитие технологических процессов очистки сточных вод в комбинированных сооружениях: Под ред. акад. ЖКХ РФ В.К.Гордеева-Гаврикова. – Ростов-на-Дону: Юг, 2005. – 212 с.

5. Khanal S.K. Anaerobic Treatment of Industrial Wastewater / Samir Kumar Khanal. – Iowa State University, 2002. – 64 с.

6. Anaerobic filter reactor performance for the treatment of complex dairy wastewater at industrial scale / Francisco Omil, Juan M. Garrido, Belén Arrojo, Ramón Méndez // Water Research. – 2003. – № 37. – P.4099-4108.

7. Macarie H. Overview of the application of anaerobic treatment to chemical and petrochemical wastewaters // Water Science and Technology. – 2000. – Vol. 42. – P.201-214.

8. Blonskaja V. Proc. Investigation of different schemes for anaerobic treatment of food industry wastes in Estonia / Viktoria Blonskaja / Tarmo Vaalu // Estonian Acad. Sci. Chem. – 2006. – № 55. – P.14-28.

9. Бадмаев Ю.Ц. Интенсивная технология анаэробной переработки навозных стоков свиноводства в условиях республики Бурятия: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 «Технология и средства механизации сельского хозяйства». – Улан-Удэ, 2006. – 22 с.

Отримано 09.02.2009

УДК 628.33.083

И.В.КОРИНЬКО, д-р техн. наук, В.А.ВОРОНЕНКО

ГКП «Харьковкоммуночиствод»

В.М.ЛЮКАШЕНКО, канд. техн. наук

УГНИИ «УкрВОДГЕО», г.Харьков

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ГОРОДСКОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

Предлагается технология очистки поверхностного стока, что позволяет сократить площади под очистные сооружения, упростить процесс подготовки воды для повторного использования или очистки до норм сброса в водоем.

В области охраны водных объектов от загрязнения все большую актуальность приобретает проблема очистки поверхностного стока, формирующегося на застроенных территориях городов и промышленных предприятий и являющегося одним из основных источников загрязнения веществами техногенного происхождения. Большие и малые реки этих регионов уже сегодня утратили способность к самоочищению и не отвечают требованиям, предъявляемым к водным объектам питьевого и рыбо-хозяйственного водопользования.

Сложившаяся ситуация объясняется рядом причин, основной из которых является то, что до начала 70-х годов прошлого столетия поверхностный сток с городских территорий относили к категории условно чистых, и их влияние на качество воды поверхностных водных